

Feurige Schüssel – vom Amazonas zum Null-Abfall-Klo

Forschung zu neuartigen Sanitärsystemen



Andreas Schönborn
Dozent
Ökotechnologie

Am Anfang dieser Geschichte stand die Entdeckung von dauerhaft fruchtbaren Böden mit schwarzen, bis zwei Meter dicken Horizonten in der Amazonasregion. Dies war eine grosse Überraschung, denn die Humusschicht unter tropischem Regenwald ist meist nur dünn. Die Nährstoffe sind in der Biomasse des Urwalds gespeichert. Der Untergrund enthält kaum Nährstoffe und ist unfruchtbar. Wird der Wald gerodet, geht die Fruchtbarkeit rasch verloren – nicht aber auf diesen schwarzen Erden, auf Portugiesisch «Terra preta» bezeichnet. Von diesen schwarzen Erden können wir lernen, dauerhaft fruchtbare Böden und einen (fast) geschlossenen Nährstoffkreislauf zu erreichen.

Inzwischen weiss man, dass Terra preta ein menschengemachter Boden ist. Völker, die dort schon lange vor dem Eindringen der Spanier lebten, haben diese Böden geschaffen, indem sie Kohle aus ihren Feuerstellen, organische Abfälle und auch menschliche Fäkalien ausbrachten. Ob dahinter Absicht steckte, ist ein spannendes Rätsel. Vermutlich geschah das zunächst unabsichtlich und später gezielt. Auf Letzteres deutet ihre Verbreitung im Amazonasgebiet hin: Schätzungen gehen von mehr als zehn Prozent der Landfläche im Amazonasbecken aus.

Als wichtigster Bestandteil dieser Böden gilt die Pflanzenkohle (Biokohle, biochar), die über Jahrtausende hinweg nur sehr langsam zerfällt, eine enorme innere Oberfläche hat und Nährstoffe langfristig binden kann. Diese Eigenschaften haben verschiedene nützliche Auswirkungen: Nährstoffe bleiben langfristig in den obersten Bodenhorizonten gebunden, sogar in Regionen wie dem tropischen Regenwald, wo tägliche Regengüsse einen Mineraldünger rasch auswaschen. Die Bodenfruchtbarkeit lässt sich langfristig aufrechterhalten (=Nachhaltigkeit) und der Nährstoffeintrag in die benachbarten Gewässer lässt sich verringern (=Gewässerschutz). Kohlenstoff wird über lange Zeit im Oberboden gebunden, und damit aus der Atmosphäre entfernen (=Klimaschutz). Eine klimaschonende, nachhaltige und trotzdem intensive Landwirtschaft scheint damit möglich zu werden.

Die Spültoilette – Symbol für Entwicklung oder ökologisches Desaster?

Als Gewässerökologe verstehe ich nicht sehr viel von Landwirtschaft. Die Verknüpfung zu den Gewässern macht mich aber hellwach: Menschliche Ausscheidungen sind der Grund dafür, dass wir heute eine geordnete Siedlungswasserwirtschaft haben. Die Epidemien in den europäischen Grossstädten des 19. Jahrhunderts (z. B. Cholera) waren Auslöser für die Erfindung der Spültoilette. Das damit verknüpfte System hat sich weltweit verbreitet und die Gesundheit der Menschen in den Städten hat sich massiv verbessert. Das WC und die Kanalisation sind ein Symbol für Entwicklung und Wohlstand geworden. Global gesehen ist das komfortable Spül-WC der Ursprung eines Desasters. Weil das damit verbundene Kanalsystem kostspielig und die Abwasserreinigung im Betrieb anspruchsvoll ist, wird das schmutzige Wasser oft nur abgeleitet und nicht gereinigt. Viele Meeresküsten vor dichtbesiedelten Regionen sind inzwischen zu «toten Zonen» geworden. Der Grund dafür sind vor allem die vielen Nährstoffe, die ihren Weg mit Abwässern und aus überdüngten Feldern in die Gewässer finden. Langfristig werden diese Nährstoffe fehlen, um damit Nahrung zu produzieren. Aus den Weltmeeren werden sie nicht mehr zurückzuholen sein. Insbesondere beim Phosphor zeichnet sich die Erschöpfung der Vorkommen am Horizont ab. Wir brauchen in Zukunft eine neue, nachhaltigere Siedlungswasserwirtschaft, um diesen Trend zu bremsen.

Mist und «human waste» als wertvolle Ausgangsstoffe

Hier kommt die Biokohle ins Spiel. Biokohle ist verkohltes (= karbonisiertes) organisches Material. Sie wird in einem Pyrolyseprozess durch Erhitzen ohne beziehungsweise mit wenig Sauerstoff bei Temperaturen zwischen 280 und max. 700 °C hergestellt. Ab 280° – eine wahre Gluthitze – beginnt das organische Material chemisch zu reagieren und auszugasen. Das dabei entstehende Gas lässt sich für das Aufrechterhalten des Pyrolyseprozesses nutzen, wobei unter dem Strich theoretisch mehr Energie frei wird als man zum Erhitzen zuführen muss. Das Ausgangsmaterial kann Holz sein (z. B. die gute alte Grillkohle), aber auch tierische Abfälle (Mist, Gülle) und menschliche Abfälle («human waste», Fäzes) können grundsätzlich pyrolysiert werden. Die Hoffnung ist, dass alle Krankheitserreger und auch die Mikroschadstoffe dabei zerstört werden und ein Grossteil



Brennendes Syngas von menschlichem Fäkalmaterial.

Bild: Nicola Bulant

der Nährstoffe in der Biokohle verbleibt. Die resultierende Biokohle wäre nährstoffreich, hygienisch sicher und könnte wieder in der Landwirtschaft eingesetzt werden. Soweit die Idee!

Das Substrat «human waste» ist nicht besonders «sexy» und in üblichen analytischen Labors nicht gerne gesehen. Vermutlich deswegen ist zur Pyrolyse von Fäkalmaterial bisher nur wenig publiziert worden. Als wir am IUNR im Frühling 2014 mit der Arbeit an diesem Thema begannen, war es schwierig, eine Bezugsquelle zu finden. Eine Wädenswiler Studierenden-WG war letztlich bereit, im Garten ein Miet-Kompotoi in Betrieb zu nehmen. Das dort gesammelte Fäkalmaterial diente als Substratquelle für Versuche von zwei Bachelorarbeiten.

Die Neuerfindung der Toilette

Seit dem Herbst 2014 haben wir am IUNR einen Pyrolyse-Reaktor, den Nicola Bulant im Rahmen seiner Bachelorarbeit entwickelt, gebaut und betrieben hat. Dieser Batch-Reaktor erwies sich als einfach, aber robust. In zehn Durchläufen wurden zunächst Sägespäne und dann das Fäkalmaterial aus dem Kompotoi in Biokohle umgewandelt. Auf diese Weise produzierte Biokohle ist zurzeit in der Schweiz aus keiner anderen Quelle verfügbar. Im Frühling 2015 wurde die produzierte Biokohle in einer weiteren Studierendenarbeit chemisch-analytisch mit verschiedenen Methoden genauer untersucht. Die Ergebnisse sind vielversprechend: Die Biokohle aus menschlichen Fäkalien erwies sich als reich an Phosphor, Kalium und den für uns Menschen essenziellen Spurenelementen Kupfer und Zink. Einzig der Stickstoff geht beim Pyrolyseprozess zumindest teilweise verloren.

Wie geht es nun weiter? Die direkte Umwandlung von menschlichen Abfällen in Biokohle und ihre Rückführung in den

natürlichen Kreislauf könnte das gesamte System der Wasserwirtschaft verändern. Ein Treiber ist dabei die schlechte sanitäre Situation in Entwicklungs- und Schwellenländern wie Indien. Das Team von Brian von Herzen von der Climate Foundation in Woods Hole, USA (einer der zehn Finalisten der «Reinvent-the-Toilet-Challenge» von 2011) arbeitet zurzeit an der Markteinführung eines «Poo-Cooker»-Containers auf dem indischen Markt. Ziel ist die umfassende sanitäre Versorgung von Slums und die Produktion einer nährstoffreichen Biokohle für die ausgepowerten indischen Böden.

Bei uns scheint das gängige Abwassersystem gut zu funktionieren, eine Alternative ist kaum denkbar. Und doch: Die Mittel, die für seine zukünftige Erneuerung aufgebracht werden müssen, zusammen mit der wachsenden Notwendigkeit, Nährstoffe im Kreislauf zu halten, könnten einen Kurswechsel bewirken. Wer weiss, wohin uns die Innovationsfreude der Schweizer KMU und die neuartige Sanitärkonkurrenz aus Indien dann einmal führen werden, denn «Waste is a resource out of place» (J&J.N.Todd).

Weitere Informationen:

https://en.wikipedia.org/wiki/Dead_zone_%28ecology%29
www.youtube.com/watch?v=jGHtS5rgTtI

Bachelorarbeiten zum Thema:

- N. Bulant (2015): Pyrolyse von Fäzes zur Anwendung als Bodenhilfsstoff in Terra preta Erde. Bachelorarbeit IUNR/ZHAW.
- I. Hansen-Mbegereh (2015): Laktofermentation von Fäkalien aus Komposttoiletten. Bachelorarbeit IUNR/ZHAW.